

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ  
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация  
изобретения<sup>6</sup>:  
F24J 3/00, F04F 5/54, F24D 10/00

A1

(11) Номер международной публикации: WO 98/14737  
(43) Дата международной  
публикации: 9 апреля 1998 (09.04.98)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU97/00299

(22) Дата международной подачи:  
25 сентября 1997 (25.09.97)

(30) Данные о приоритете:

96119115	3 октября 1996 (03.10.96)	RU
96124570	30 декабря 1996 (30.12.96)	RU
97103798	12 марта 1997 (12.03.97)	RU

(71)(72) Заявитель и изобретатель: ФИСЕНКО Влади-  
мир Владимирович [RU/RU]; 191186 Санкт-Петер-  
бург, ул. Казанская, д. 15, кв. 9 (RU) [FISENKO, Vla-  
dimir Vladimirovich, St.Petersburg (RU)].

(74) Агент: «СОЮЗПАТЕНТ»; 103735 Москва, ул. Иль-  
инка, д. 5/2 (RU) [«SOJUZPATENT», Moscow (RU)].

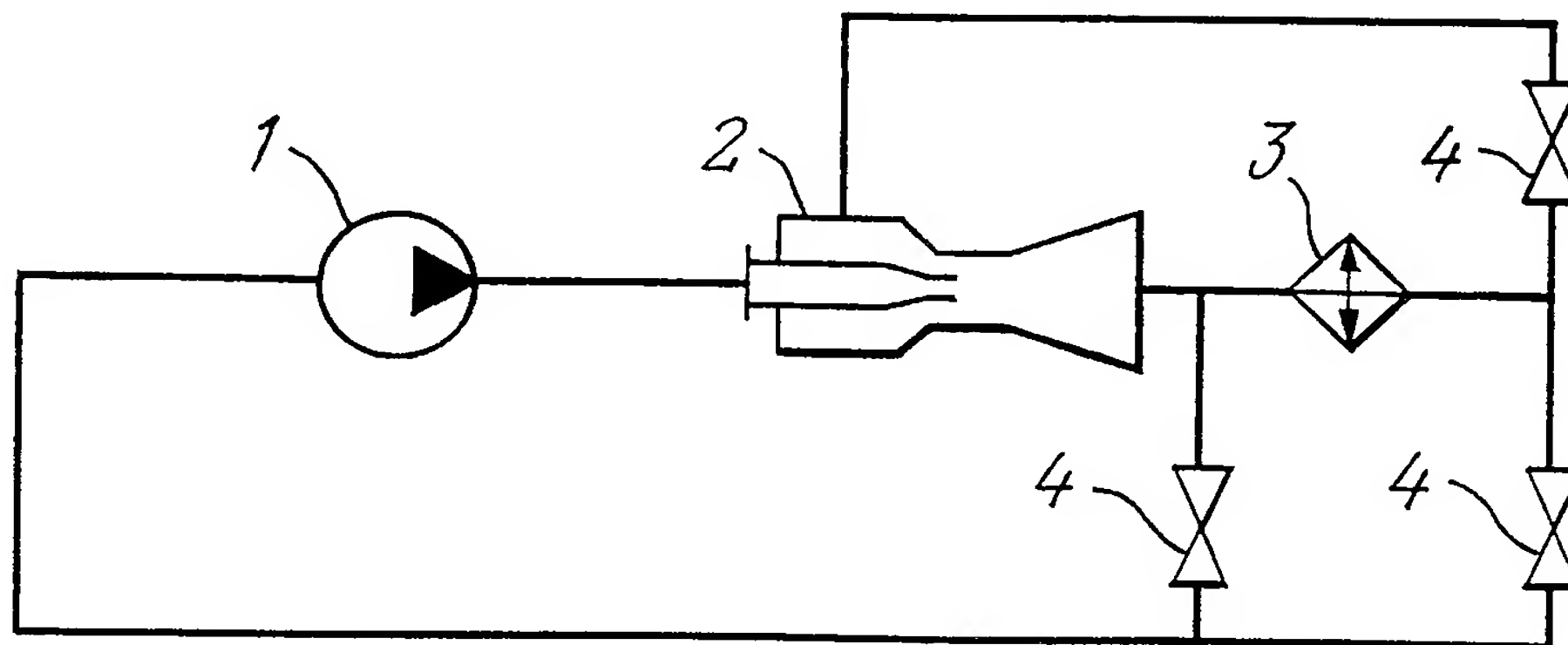
(81) Указанные государства: AM, AT, AU, BB, BG, BR,  
BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE,  
HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LU,  
LV, MD, MG, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TT, UA, UG, US, UZ, VN,  
европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI,  
FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Опубликована

С отчетом о международном поиске.

(54) Title: METHOD FOR CONVERTING THE ENERGY OF A LIQUID FLOW INTO THERMAL ENERGY AND EQUIPMENT FOR  
REALISING THE SAME

(54) Название изобретения: СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В ТЕПЛОВУЮ  
ЭНЕРГИЮ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ



(57) Abstract

The present invention relates to a method for converting the energy of a liquid flow into thermal energy, wherein said method comprises creating an ultrasonic flow mode in a dual-phase liquid flow. The dual-phase flow is then slowed down in order to generate a pressure jump therein and further introduced into a liquid flow comprising microscopic gaseous vapour bubbles, the liquid being heated during the jump-type conversion process of the flow. In a preferred embodiment, the equipment for realising this method comprises a steam boiler (22) which is in steam communication with a jet converter (23). The outlet of the jet converter is connected to the inlet of a heat-generating grid (25) as well as to the inlet of the steam boiler (22). The outlet of the heat-generating grid (25) is connected to the inlet of a heat-consuming device (26) that is in turn connected to the jet converter (23). The present invention may be used in autonomous equipment for heating premises.

(57) Реферат

Способ преобразования потока жидкости в тепловую энергию состоит в том, что в двухфазном потоке жидкости формируют сверхзвуковой режим его течения, а затем двухфазный поток тормозят с формированием в нем скачка давления с переходом двухфазного потока в жидкостной поток с микроскопическими парогазовыми пузырьками и нагревом жидкости в процессе скачкообразного преобразования потока. Предпочтительный вариант осуществления установки для осуществления способа включает в себя паровой котел (22), подключенный по пару к струйному преобразователю (23), соединенному выходом со входом теплогенерирующей решетки (25) и со входом парового котла (22). Теплогенерирующая решетка (25) соединена выходом со входом теплопотребляющего устройства (26), подключенного к струйному преобразователю (23).

Изобретение предназначено для преимущественного использования в качестве автономной установки для отопления помещений.

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AT	Австрия	FI	Финляндия	MR	Мавритания
AU	Австралия	FR	Франция	MW	Малави
BB	Барбадос	GA	Габон	NE	Нигер
BE	Бельгия	GB	Великобритания	NL	Нидерланды
BF	Буркина Фасо	GN	Гвинея	NO	Норвегия
BG	Болгария	GR	Греция	NZ	Новая Зеландия
BJ	Бенин	HU	Венгрия	PL	Польша
BR	Бразилия	IE	Ирландия	PT	Португалия
CA	Канада	IT	Италия	RO	Румыния
CF	Центральноафриканская Республика	JP	Япония	RU	Российская Федерация
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демо- кратическая Республика	SD	Судан
CG	Конго	KR	Корейская Республика	SE	Швеция
CH	Швейцария	KZ	Казахстан	SI	Словения
CI	Кот д'Ивуар	LI	Лихтенштейн	SK	Словакия
CM	Камерун	LK	Шри Ланка	SN	Сенегал
CN	Китай	LU	Люксембург	TD	Чад
CS	Чехословакия	LV	Латвия	TG	Того
CZ	Чешская Республика	MC	Монако	UA	Украина
DE	Германия	MG	Малагаскар	US	Соединенные Штаты Америки
DK	Дания	ML	Мали	UZ	Узбекистан
ES	Испания	MN	Монголия	VN	Вьетнам

**СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПОТОКА ЖИДКОСТИ  
В ТЕПЛОВУЮ ЭНЕРГИЮ И УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

**Область техники**

5           Изобретение относится к области энергетики и более точно касается способа преобразования энергии потока в тепловую энергию и установок для осуществления такого способа.

**Предшествующий уровень техники**

10           Известен способ преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию путем преобразования кинетической энергии потока в тепловую за счет трения жидкости о стенки профилированного канала (см., SU A 631761).

          В данном способе, путем прокачки жидкости через  
15           специальным образом спрофилированные каналы добиваются нагрева жидкости. Однако, в этом способе не удается эффективно преобразовывать энергию механическую в энергию тепловую, что ведет к недостаточно высокому КПД преобразования и, как следствие, к отсутствию широкого  
20           использования установок основанных на данном способе.

          Известен и другой способ преобразования энергии потока в тепловую энергию, включающий преобразование однофазного жидкостного потока в двухфазный и последующее обратное преобразование потока в однофазный путем торможения потока  
25           с повышением давления в нем сопровождаемым ростом температуры жидкостного потока (см., книгу В.И.Петрова и В.Ф.Чебаевского "Кавитация в высокооборотных лопастных насосах", М., Машиностроение, 1982, С.5).

          В данном способе преобразования энергии нагрев жидкости  
30           осуществляется за счет интенсивного сжатия парогазовых кавитационных каверн при повышении давления в потоке, сопровождающегося "термодинамическим" нагревом сжимаемого газа и от последнего жидкости, как источника переноса тепла. Однако интенсивность перехода двухфазного потока в  
35           однофазный, проходящего, как правило, в плавно расширяющихся

каналах недостаточно велика, в связи с чем имеют место разного рода потери и неполнота использования внутренней энергии перехода однофазного потока в двухфазный и обратно, что значительно снижает эффект нагрева жидкости.

5 Известна установка преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, содержащая генератор тепла, выполненный в виде струйного аппарата, подключенного диффузором ко входу теплопотребляющего устройства, приемной камерой - к выходу теплопотребляющего устройства и активным  
10 соплом - к источнику жидкости под давлением (DE A, 2330502)

В данной установке струйный аппарат используется только для организации циркуляционного движения нагретой жидкости, другие же виды энергии потока жидкости не используются, что ведет к снижению эффективности работы установки.

15 Известна также установка преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, содержащая насос, теплопотребляющее устройство и генератор тепла, включающий в себя приемную камеру, активное сопло в приемной камере и камеру смешения за соплом (SU A, 1290015).

20 В данной установке предусмотрена возможность использования энергии потока жидкости путем преобразования кинетической энергии потока механическую энергию. Однако в данном случае имеет место недостаточно эффективное использование энергии потока жидкости, а регулирование  
25 режима работы установки осуществляется только путем смешения горячей и холодной жидкости, что приводит к усложнению установки, снижает надежность ее работы и, как следствие, к повышению ее эксплуатационных затрат.

### Сущность изобретения

30 В основу изобретения поставлена задача создать способ преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, в процессе которого обеспечивалось бы снижение потерь при одновременном повышении эффективности использования  
35 внутренней энергии перехода однофазного потока в двухфазный и обратно сопровождаемое повышением отбора тепловой энергии,

а также создать надежные и удобные в эксплуатации устройства для осуществления такого способа.

Поставленная задача решается тем, что в способе преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, включающем преобразование однофазного жидкостного потока в двухфазный и последующее обратное преобразование путем торможения потока с повышением давления в нем, сопровождаемым ростом температуры жидкостного потока, согласно изобретению, в двухфазном потоке формируют сверхзвуковой режим его течения, а торможение проводят с формированием в потоке скачка давления с переходом в скачке давления двухфазного потока в жидкостной поток с микроскопическими парогазовыми пузырьками.

Предпочтительно организовать схлопывание микроскопических пузырьков в теплопотребляющем устройстве путем дополнительного торможения жидкостного потока в нем с выделением за счет этого дополнительного количества тепла.

Целесообразно также поток жидкости перед его преобразованием в двухфазный подвергнуть дегазированию или аэрации.

Поставленная задача решается также и тем, что в установке преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, содержащей насос, теплопотребляющее устройство и генератор тепла, представляющий собой струйный аппарат, включающий в себя приемную камеру, активное сопло в приемной камере и камеру смешения за соплом, согласно изобретению, приемная камера выполнена в форме конфузора и расположена коаксиально соплу, камера смешения образована расположенными последовательно по ходу потока конфузуром, горловиной и диффузором, при этом насос выходом подключен к активному соплу и ко входу теплопотребляющего устройства, которое своим выходом подключено к приемной камере генератора тепла, а диффузор камеры смешения подключен ко входу насоса и ко входу теплопотребляющего устройства.

Целесообразно на выходе диффузора установить профилированный напорный трубопровод.

Возможно активное сопло струйного аппарата выполнить ступенчато сужающимся по ходу потока.



Желательно также установку оснастить линией отвода и подвода жидкости, содержащей автоматический клапан поддержания заданного давления жидкости в установке.

Кроме того поставленная задача решается тем, что в  
5 установке преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, содержащей насос, теплопотребляющее устройство и генератор тепла, включающий в себя, по меньшей мере, одно активное сопло, согласно изобретению, насос выполнен в виде соединенных последовательно парового котла и струйного  
10 преобразователя и подключен своим выходом ко входу парового котла и к активному соплу генератора тепла, подключенного, в свою очередь, выходом ко входу теплопотребляющего устройства, выход которого связан с камерой смешения струйного преобразователя.

15 Предпочтительно использовать генератор тепла, который содержит множество активных сопел, встроенных в пластину, установленную поперек потока жидкости, и канал расширения, площадь поперечного сечения которого превышает суммарную площадь поперечного сечения всего множества сопел.

20 Возможно между выходом теплопотребляющего устройства и струйным преобразователем установить дополнительное теплопотребляющее устройство.

Желательно также выход основного теплопотребляющего устройства соединить с зоной канала расширения на выходе  
25 активных сопел.

#### Краткое описание чертежей

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных вариантов его осуществления и прилагаемыми чертежами, на которых:

30 фиг.1 изображает схематически установку для осуществления способа преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, согласно изобретению,

фиг.2 - схематически струйный аппарат в разрезе и кривые изменения давления  $P$ , скорости  $w$  и газосодержания  
35  $\beta$  по длине струйного аппарата,

фиг.3 - зависимость показателя  $K_*$  изоэнтропы двухфазной смеси в потоке со скольжением от объемного соотношения в  $\beta_*$  фаз в смеси,

5       фиг.4 - зависимость коэффициента  $A$ , характеризующего увеличение тепловой мощности по сравнению с подводимой мощностью, в функции изменения показателя  $K$  изоэнтропы,

10       фиг.5 - схематически вариант выполнения установки для осуществления способа, согласно изобретению, с лопастным насосом, преобразующим электрическую энергию в кинетическую энергию потока,

фиг.6 - схематически продольный разрез струйного аппарата и кривую изменения давления  $P$  потока жидкости по длине струйного аппарата,

15       фиг.7 - схематически второй вариант выполнения установки для осуществления способа, согласно изобретению, с насосом, реализованным в виде парового котла и струйного преобразователя.

#### **Подробное описание наилучших вариантов осуществления изобретения**

20       Способ преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, согласно изобретению, состоит в том, что в струйной установке однофазный поток жидкости сначала преобразуют в двухфазный и затем осуществляют обратное преобразование потока путем торможения потока с повышением давления в нем сопровождаемым ростом температуры жидкостного потока, при этом двухфазный поток разгоняют до организации сверхзвукового режима течения двухфазного потока, а далее, в процессе торможения потока, организуют скачок давления с резким переходом в скачке давления двухфазного потока в, практически однофазный, с выделением за счет такой организации процесса преобразования двухфазного потока в однофазный дополнительный тепловый импульс. Дальнейший рост теплового импульса может быть достигнуто за счет того, что жидкость, которую используют для получения тепла, предварительно дегазируют или аэрируют.

35

Как известно из закона сохранения энергии для потока  
жидкости, в котором начало координат непрерывно совпадает  
с центром тяжести движущегося элемента жидкости, и  
следовательно, последний неподвижен относительно  
5 системы координат, следует: (для 1 кг жидкости)

$$dq = di - v dp + dq_T, \quad (1)$$

где  $q$  - общее количество тепла или полная энергия элемента  
жидкости,

$i$  - энтальпия элемента жидкости,

10  $v$  - объем элемента жидкости,

$p$  - давление в потоке жидкости,

$q_T$  - энергия трения элемента жидкости.

Учитывая, что  $di = du + d(pv)$ , (2)

где  $u$  - внутренняя энергия элемента жидкости, а

15

$$k = \frac{di}{du} = - \frac{v}{p} \left( \frac{\partial p}{\partial v} \right)_s \quad (3)$$

где  $k$  - показатель изоэнтропы сжимаемой жидкости, общее  
количество тепла, которое может быть получено в адиабатно  
изолированной системе может быть представлено в следующем  
20 виде :

$$dq = \frac{k}{k-1} p dv + \frac{1}{k-1} v dp + dq_T \quad (4)$$

В случае, если поток чисто жидкостной,  $k \rightarrow \infty$  (реально  
25 для воды  $k \cong 22000$ ), а  $dv = 0$

$$dq = dq_T$$

Именно это имеет место в техническом решении по  
SU, А, 631761.

Иначе обстоит дело в потоке однородной (изотропной)  
30 двухфазной смеси, которая с газодинамической точки зрения  
является средой сжимаемой и даже более сжимаемой, чем чистый  
газ и показатель изоэнтропы в ней является функцией  
показателя изоэнтропы газа и объемного соотношения фаз в  
смеси (см., книгу Фисенко В.В. "Критические двухфазные  
35 потоки", М., Атомиздат, 1978) и в зависимости от объемного  
соотношения фаз (для воды), при обычных условиях, показатель



изоэнтропы будет меняться от  $k = 22000$  (жидкостной поток) до  $k = 1,285$  (газовый поток) (см. фиг.3).

Таким образом, принимая во внимание выше сказанное и уравнение (4), можно видеть, что от величины  $k$  будет зависеть количество тепла, которое может быть получено в двухфазной системе. В связи с этим понятно увеличение получаемого тепла при переходе потока из однофазного жидкостного в двухфазный и обратно, что и наблюдается в техническом решении наиболее близком к описываемому изобретению.

Однако, как показали проведенные исследования, существенное значение имеет механизм перехода в двухфазное состояние, механизм течения в двухфазном состоянии и механизм перехода к однофазному состоянию. Существенное значение также имеет однородность полученного двухфазного потока, что достигается за счет того, что в процессе преобразования однофазного потока в двухфазный последний разгоняется до сверхзвуковой скорости, причем разгон до сверхзвуковой скорости позволяет в более широком диапазоне варьировать газосодержание потока при меньших энергетических затратах. Не менее важное значение для повышения эффективности тепловыделения имеет процесс торможения потока с переходом потока в, практически, однофазный или, что более точно, в жидкостной поток с микроскопическими парогазовыми пузырьками.

В процессе торможения в двухфазном потоке организуют скачок давления со снижением скорости до дозвукового значения. Пропорционально росту давления увеличивается количество жидкой фазы, причем резкий рост давления (скачкообразный рост) приводит к структурной перестройке в жидкости, что способствует выделению большего количества тепла по сравнению с наиболее близким аналогом. Дальнейшее выделение тепла будет происходить в основном в теплопотребляющем устройстве, например батарее водяного отопления, по мере того, как в жидкостном потоке будут схлопываться микроскопические парогазовые пузырьки, за счет дополнительного торможения потока.

Следует также отметить, что возможна различная организация первого этапа преобразования, а именно этапа преобразования жидкости в двухфазный поток, так как такое преобразование можно провести путем электролиза, когда  
5 газовая фаза в потоке жидкости возникает в результате воздействия на него электричества, можно использовать химические свойства жидкости по выделению газовой фазы, возможно тепловое воздействие на поток жидкости и возможно, как описано выше, геометрическое воздействие на поток, когда  
10 организуют течение потока жидкости в строго спроектированном канале, что позволяет заранее заданным образом менять давление в потоке и скорость потока. В этом случае целесообразно проводить преобразование жидкостного потока в двухфазный в сужении, выполненном в виде  
15 перфорированной пластины (решетки) с заранее рассчитанными числом отверстий и проходным сечением этих отверстий.

Таким образом, способ преобразования энергии потока в тепловую энергию, согласно изобретению, позволяет добиться выполнения поставленной задачи - увеличения нагрева жидкости  
20 без увеличения подведенной энергии, т.е. повысить эффективность преобразования энергии.

Представленная на фиг.1 установка для реализации описываемого способа преобразования содержит насос 1, подключенный выходом к струйному аппарату - генератору 2  
25 тепла, который своим выходом подключен к теплопотребляющему устройству 3, например, батарее водяного отопления какого либо помещения. Теплопотребляющее устройство 3, в свою очередь, подключено к входу насоса 1 и к приемной камере генератора 2 тепла. Кроме того, в соединительных линиях  
30 предусмотрены запорные вентили 4. Установка, в которой реализован описываемый способ преобразования энергии, работает следующим образом.

Насос 1 подает поток жидкости в струйный аппарат - генератор 2 тепла. Поступив в генератор 2 тепла, жидкостной  
35 поток между сечениями 1 и 11 (фиг.2), протекая через сужение, разгоняется. При этом давление в потоке падает. В сечении 11 (минимальное сечение) поток достигает

максимальной скорости и, соответственно, давление в нем достигает своего минимального значения, причем величина давления  $P$ , за счет выбора профиля сопла струйного аппарата становится ниже давления насыщенных паров жидкости, в результате чего жидкостной поток преобразуется в двухфазный поток 5. Далее между сечениями 11 и 111 в результате роста объемного газосодержания в двухфазном потоке и за счет этого поддержания абсолютной величины скорости  $w$  постоянной сначала формируют сверхзвуковой режим течения с образованием однородного двухфазного потока, а далее, по мере движения двухфазного потока в расширяющемся канале, понижают скорость звука в потоке до величины, при которой формируют в потоке скачок давления. Этот процесс происходит вблизи сечения 111. Как результат двухфазный поток преобразуется в, практически, однородный жидкостный поток 6 с микроскопическими парогазовыми пузырьками. В результате резкого схлопывания в скачке давления парогазовых пузырьков двухфазного потока, сопровождаемого быстрым ростом давления сжатия парогаса достигающего нескольких тысяч атмосфер, в последних происходит реструктуризация молекулярных связей вещества или веществ образующих жидкостной поток, что вызывает высвобождение энергии межмолекулярных связей выражающееся в нагреве жидкости образующей жидкостной поток после сечения 111. Поскольку в струйный аппарат - генератор 2 тепла жидкость постоянно подается, то последний непрерывно генерирует тепло, причем за счет схлопывания микроскопических пузырьков жидкостного потока в теплопотребляющем устройстве 3 достигается дополнительный нагрев жидкости. Из теплопотребляющего устройства 3 жидкость может направляться в зависимости от требований по величине ее нагрева, либо в насос 1, либо сразу в генератор 2 тепла, либо частично и в насос 1 и в генератор 2 тепла одновременно.

Возвращаясь к формуле (4), можно заметить, что эффективность работы струйного аппарата - генератора 2 тепла тем больше, чем меньше показатель  $\kappa$  изоэнтропы однородной двухфазной смеси. Последний в свою очередь, при прочих

равных условиях тем меньше, чем меньше показатель изоэнтропы газа, входящего в состав двухфазной среды. Отсюда следует, что эффект выделения тепла тем больше, чем больше атомов в молекуле вещества, которое служит источником получения тепла. Одним из путей, который может позволить добиться этого, может быть предварительная дегазация жидкости, которая используется для получения тепла. Покажем это на примере воды. Молекула воды состоит из трех атомов, в то время как почти все газы растворенные в воде являются двухатомными (в основном это азот и кислород воздуха). Поэтому, если предварительно перегазировать воду, то при переводе воды из жидкого состояния в двухфазное пузырьки будут заполнены в основном парами воды, т.е. трехатомным газом, что и позволяет получить большее количество тепла.

Как показали проведенные исследования, максимальное теоретически достижимое, относительное увеличение получения тепла в генераторе 2 тепла будет равно:

$$\frac{\Delta Q}{Ne} = 1 + \eta (A - 1) \quad (5)$$

где  $Q$  - количество получаемого тепла,  
 $Ne$  - подведенная электрическая мощность электродвигателя насоса,  
 $\eta$  - гидравлический КПД насоса,  
 $A$  - экспериментально полученный коэффициент, характеризующий увеличение тепловой мощности по отношению к подведенной, который для случая генератора тепла всегда 1.

На Фиг.4 в качестве примера, приведена зависимость величины коэффициента  $A$  от показателя  $K$  изоэнтропы двухфазной смеси для воды (кривая а), для жидкости с числом атомов в молекуле равном 22 (кривая б) и для двухфазной смеси с пузырьками заполненными в основном двухатомным газом (кривая с). Из приведенной зависимости видно, что подбором жидкости, циркулирующей через генератор 2 тепла и дегазацией

жидкости можно увеличить количество получаемого в установке тепла.

Схематически изображенная на фиг.5 насосно-эжекторная установка для реализации способа, согласно настоящему изобретению, содержит насос 7, теплопотребляющее устройство 8 и генератор 9 тепла, выполненный в виде струйного аппарата содержащего активное сопло 10, установленную коаксиально соплу 10 конфузорную приемную камеру 11, камеру 12 смешения, содержащую конфузор 13, горловину 14 и диффузор 15, расположенные последовательно по ходу потока. Выход насоса 7 подключен через вентиль 16 ко входу теплопотребляющего устройства 8 и через вентиль 17 к активному соплу 10, теплопотребляющее устройство 8 выходом подключено к приемной камере 11 струйного аппарата 9 и диффузор 15 струйного аппарата подключен ко входу насоса 7 и через вентиль 18 ко входу теплопотребляющего устройства 8. Струйный аппарат 9 на выходе из диффузора 15 снабжен профилированным напорным трубопроводом 19 (фиг.6). Активное сопло 18 в предпочтительном варианте осуществления выполнено ступенчато сужающимся по ходу потока жидкости. Установка кроме того снабжена линией 20 (фиг.5) отвода и подвода жидкости в установку с установленным в ней автоматическим клапаном 21 поддержания заданного давления жидкости в контуре установки.

Установка работает следующим образом.

Запуск установки осуществляют путем направления насосом 7 всего потока жидкости в активное сопло 10 струйного аппарата 9. Поступая в сопло 10, поток жидкости сужается, что ведет к росту кинетической энергии потока и уменьшению давления. После того, как давление падает ниже давления насыщения (газов или паров) происходит вскипание потока, скорость потока резко увеличивается, а величина скорости, при которой наступает сверхзвуковой режим течения, резко падает. Поскольку скорость потока становится выше скорости звука в сопле 10 возникает скачок давления, далее на выходе из сопла 10 (сечение 11, фиг.6) давление снова падает, а скорость потока вновь возрастает, при этом проточная часть



камеры 12 смешения выбрана таким образом (а именно в нее, в конфузор 13 истекает жидкая среда из сопла 10), что в конфузоре 13 устанавливается критический режим течения с вскипанием жидкостного потока, установлением сверхзвукового режима и последующим скачком давления, причем давление перед вторым скачком давления меньше, чем критическое давление после первого скачка давления (в активном сопле 10), кинетическая энергия потока в конфузоре 13 больше, чем кинетическая энергия потока в сопле 10 и, как следствие, за счет более интенсивного вскипания потока, скорость звука соответственно меньше, поэтому скачок давления в камере 12 смешения более интенсивный, чем в активном сопле 10. Дальнейшее повышение давления происходит в диффузоре 15 и на выходе из диффузора 15 устанавливается окончательная величина давления, которое значительно больше, чем давление жидкости на входе в струйный аппарат. При протекании описанных процессов в струйном аппарате начинает расти температура жидкости, в частном случае воды. Такой режим работы продолжается до тех пор, пока повышение температуры, сопровождающееся повышением давления, не достигнет того значения, при котором нагретую жидкость можно направлять в теплопотребляющее устройство, например в батарею для отопления какого-либо помещения. Для этого часть потока жидкости с выхода насоса 7 через открытый вентиль 16 направляют в теплопотребляющее устройство 8. После теплопотребляющего устройства 8 жидкость направляется в приемную камеру 11 струйного аппарата 9. Дальнейшая циркуляция жидкости между струйным аппаратом 9 и теплопотребляющим устройством 8 возможна без насоса 7. В этом случае нагретая жидкость из струйного аппарата 9 через открытый вентиль 18 направляется непосредственно в теплопотребляющее устройство 8. В дальнейшем, если количества тепла, которое снимается с теплопотребляющего устройства 8, будет недостаточно, или потребуется быстро изменить количество тепла, которое необходимо снять с теплопотребляющего устройства 8, вновь в работу включается насос 7. При этом тепловая мощность, снимаемая с

теплопотребляющего устройства 8, будет тем больше, чем больше будет начальная мощность (напор и расход) насоса 7.

В различных установках, в зависимости от требований потребителя возможны различные режимы работы струйного аппарата по нагреву жидкости. В зависимости от этого возможно выполнение струйного аппарата как со ступенчато сужающимся соплом 10, как это показано на фиг.6, так и ступенчато сужающимся и затем ступенчато расширяющимся по ходу потока (на чертежах не показано).

Кроме того, регулирование количества жидкости в контуре установки обеспечивается подключением линии 20 подвода и отвода жидкости из установки путем автоматического управления клапаном 21, благодаря чему достигается поддержание заданного давления жидкости в установке.

Таким образом, достигается возможность организации автономного циркуляционного контура нагрева жидкости (жидкой рабочей среды) без использования экологически вредных источников нагрева жидкости (угля, нефти и нефтепродуктов), при этом в установке нет, кроме насоса, ни одного устройства с механическим приводом и механическими подвижными рабочими элементами, что делает установку экологически безопасной, а непосредственное преобразование энергии потока жидкости в тепловую энергию с учетом выше сказанного делает установку экономически выгодной, надежной и простой в эксплуатации.

В варианте установки для осуществления способа преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, согласно изобретению, представленном на фиг.7, в отличие от установки, изображенной на фиг.5 в качестве насоса использованы соединенные последовательно паровой котел 22, и струйный преобразователь 23, при этом паровой котел 22 подключен по пару к соплу 24 струйного преобразователя. В качестве последнего может быть использован, например, струйный преобразователь подробно описанный в книге Фисенко В.В. "Эффективность работы контуров циркуляции ЯЭУ", Москва, Атомэнергоиздат, 1987, гл.5, с. ). Струйный аппарат 23 выходом подключен к генератору 25 тепла в данном случае

теплогенерирующей решетке, в дальнейшем теплогенерирующей решетке 25, содержащее в описываемом варианте выполнения множество активных сопел (аналогичных активному соплу 10, изображенному на фиг.6), встроенных в пластину, ориентированную поперек потока жидкости.

Теплогенерирующая решетка 25 подключена выходом ко входу основного теплопотребляющего устройства 26, которое выходом через дополнительное теплопотребляющее устройство 27 подключено к камере смешения струйного преобразователя 23. Кроме того, выход струйного аппарата 23 подключен ко входу парового котла 22, а выход основного теплопотребляющего устройства 26 соединен с теплогенерирующей решеткой 25.

Установка, изображенная на фиг.7, работает следующим образом.

Пар из парового котла 22 подается в сопло 24 струйного преобразователя 23. В сопле 24 пар разгоняется и, истекая из сопла, увлекает в профилированный канал струйного преобразователя 23 охлажденный жидкостной поток, который разгоняется в этом профилированном канале. Далее ускоренные поток пара и охлажденный жидкостной поток смешиваются в струйном преобразователе 23 с образованием двухфазного газожидкостного потока с передачей паром жидкости части своей тепловой энергии. Вследствие того, что скорость звука в двухфазной среде значительно ниже чем в жидкости или газе, двухфазный поток преобразуется в сверхзвуковой двухфазный поток, после этого в сверхзвуковом двухфазном потоке организуют скачок давления в результате чего двухфазный поток преобразуется в однофазный жидкостный поток, причем в процессе преобразования в результате практически мгновенного схлопывания в скачке давления парогазовых пузырьков происходит нагрев жидкости с образованием на выходе струйного преобразователя 23 потока нагретой жидкости. Часть этого потока нагретой жидкости направляется по линии 28 в паровой котел 22 для его подпитки, а другая часть потока нагретой жидкости направляется в теплогенерирующую решетку 25, а именно во множество профили-

рованных каналов - активных сопел и далее в канал расширения потока (площадь поперечного сечения которого превышает суммарную площадь выходного сечения профилированных каналов - сопел) на выходе из профилированных каналов. В этих  
5 профилированных каналах поток нагретой жидкости сначала разгоняется до скорости, при которой давление в потоке падает до величины ниже давления насыщенных паров этой жидкости. Как следствие поток вскипает с образованием двухфазного потока нагретой жидкости. В результате  
10 преобразования потока в двухфазный формируется сверхзвуковой режим его течения. После этого, из профилированных каналов сверхзвуковой поток поступает в канал расширения потока, за счет чего в потоке формируется скачок давления с переводом в скачке давления двухфазного потока в жидкостной  
15 поток заполненный микроскопическими парогазовыми пузырьками, причем за счет схлопывания крупных парогазовых пузырьков поток нагретой жидкости дополнительно нагревается. Из теплогенерирующей решетки 25 поток нагретой жидкости направляется в основное теплопотребляющее устройство 26,  
20 например, в батарею водяного отопления какого-либо здания или помещения, где происходит процесс передачи тепла потребителю и одновременно, за счет схлопывания микроскопических пузырьков в результате торможения потока в теплопотребляющем устройстве 26, дополнительный подогрев  
25 потока нагретой жидкости, что обеспечивает увеличение съема тепла с теплопотребляющего устройства 26. В результате отдачи тепла теплопотребляющим устройством 26 потребителю тепла поток нагретой жидкости преобразуется в охлажденный жидкостной поток, который поступает для повторного нагрева  
30 из теплопотребляющего устройства 26, в струйный преобразователь 23.

В ряде случаев в теплопотребляющем устройстве 26 не представляется возможным снять достаточно большое количество тепла и поток жидкости из устройства 26 выходит с  
35 температурой, при которой его можно еще использовать для нагрева. В этом случае возможна установка между теплопотребляющим устройством 26 и струйным преобразователем

23 дополнительного теплопотребляющего устройства 27, например, устройства для нагрева воды, что позволяет, например, кроме отопления помещения, подавать потребителю горячую воду.

5        Возможен и другой вариант интенсификации съема тепла, когда часть потока охлажденной жидкости из теплопотребляющего устройства 26, например, с его выхода подается в зону пониженного давления теплогенерирующей решетки 25, а именно в зону канала расширения вблизи  
10 выходных сечений профилированных каналов. Такой перепуск потока охлажденной жидкости позволяет повторно пропустить его через теплопотребляющее устройство 26 и тем самым достигается возможность увеличения теплоотдачи теплопотребляющего устройства 26 и, как следствие, повышение  
15 эффективности работы установки.

Использование в данном варианте выполнения установки в качестве нагретого теплоносителя пара из парового котла в сочетании со струйным преобразователем позволило создать систему без использования приводных систем с механическим  
20 приводом, что значительно повысило надежность работы установки и одновременно повысило эффективность работы установки, поскольку струйный преобразователь не только организует циркуляцию нагретой жидкости через теплопотребляющее устройство, но и сам дополнительно, за  
25 счет описанных выше преобразований в жидкостном потоке, обеспечивает нагрев жидкости. В конечном итоге это позволило добиться существенного повышения КПД и надежности теплопроизводящей установки, согласно изобретению.

### 30                                    Промышленная применимость

Изобретение может быть использовано в струйных и насосноэжекторных установках, используемых для нагрева перекачиваемой среды с одновременной организацией ее  
35 транспортировки или циркуляции.



Предпочтительно изобретение предназначено для использования в качестве автономной установки для отопления жилых и производственных помещений, а также для нагрева жидкости в различных технологических циклах.

## Формула изобретения

1. Способ преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, включающий преобразование однофазного жидкостного потока в двухфазный и последующее обратное преобразование путем торможения потока с повышением давления в нем, сопровождаемым ростом температуры жидкостного потока, **отличающийся тем, что в двухфазном потоке формируют сверхзвуковой режим его течения, а торможение проводят с формированием в потоке скачка давления с переходом в скачке** давления двухфазного потока в жидкостной поток с микроскопическими парогазовыми пузырьками.

2. Способ по п.1, **отличающийся тем, что организуют схлопывание микроскопических пузырьков в теплопотребляющем устройстве путем дополнительного торможения жидкостного** потока в нем с выделением за счет этого дополнительного количества тепла.

3. Способ по п.1, **отличающийся тем, что однофазный** поток жидкости перед его преобразованием в двухфазный дегазируют или аэрируют.

4. Установка преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, содержащая насос (7), теплопотребляющее устройство (8) и генератор (9) тепла, представляющий собой струйный аппарат, включающий в себя приемную камеру (11), активное сопло (10) в приемной камере и камеру (12) смешения за соплом (10), **отличающаяся тем, что приемная камера (11) выполнена в форме конфузора и расположена коаксиально соплу (10), камера (12) смешения образована расположенными последовательно по ходу потока конфузуром (13), горловиной (14) и диффузором (15), при этом насос (7) выходом подключен к активному соплу (10) и ко входу теплопотребляющего устройства (8), которое своим выходом подключено к приемной камере (11) генератора тепла (9), а диффузор (15) камеры (12) смешения подключен ко входу насоса (7) и ко входу теплопотребляющего устройства (8).**

5. Установка по п.4, **отличающаяся тем**, что на выходе диффузора (15), установлен профилированный напорный трубопровод (19).

6. Установка по п.4 или 5, **отличающаяся тем**, что активное сопло (10) струйного аппарата выполнено ступенчато сужающимся по ходу потока.

7. Установка по любому из предшествующих пунктов, **отличающаяся тем**, что она снабжена линией (20) отвода и подвода жидкости, оснащенной автоматическим клапаном (21) поддержания заданного давления жидкости в установке.

8. Установка преобразования энергии потока жидкости в тепловую энергию, содержащая насос, теплопотребляющее устройство (26) и генератор (25) тепла, по меньшей мере одно активное сопло, **отличающаяся тем**, что насос выполнен в виде соединенных последовательно парового котла (22) и струйного преобразователя (23) и подключен своим выходом ко входу парового котла (22) и к активному соплу генератора (25) тепла, подключенного, в свою очередь, выходом ко входу теплопотребляющего устройства (26), выход которого связан с камерой смешения струйного преобразователя (23).

9. Установка по п.8, **отличающаяся тем**, что генератор (25) тепла содержит множество активных сопел, встроенных в пластину, установленную поперек потока жидкости, и канал расширения, площадь поперечного сечения которого превышает суммарную площадь поперечного сечения всего множества сопел.

10. Установка по п.9, **отличающаяся тем**, что между выходом теплопотребляющего устройства (26) и струйным преобразователем (23) установлено дополнительное теплопотребляющее устройство (27).

11. Установка по п.9 или 10, **отличающаяся тем**, что выход основного теплопотребляющего устройства (26) соединен с зоной канала расширения генератора (25) тепла на выходе активных сопел.

1/5

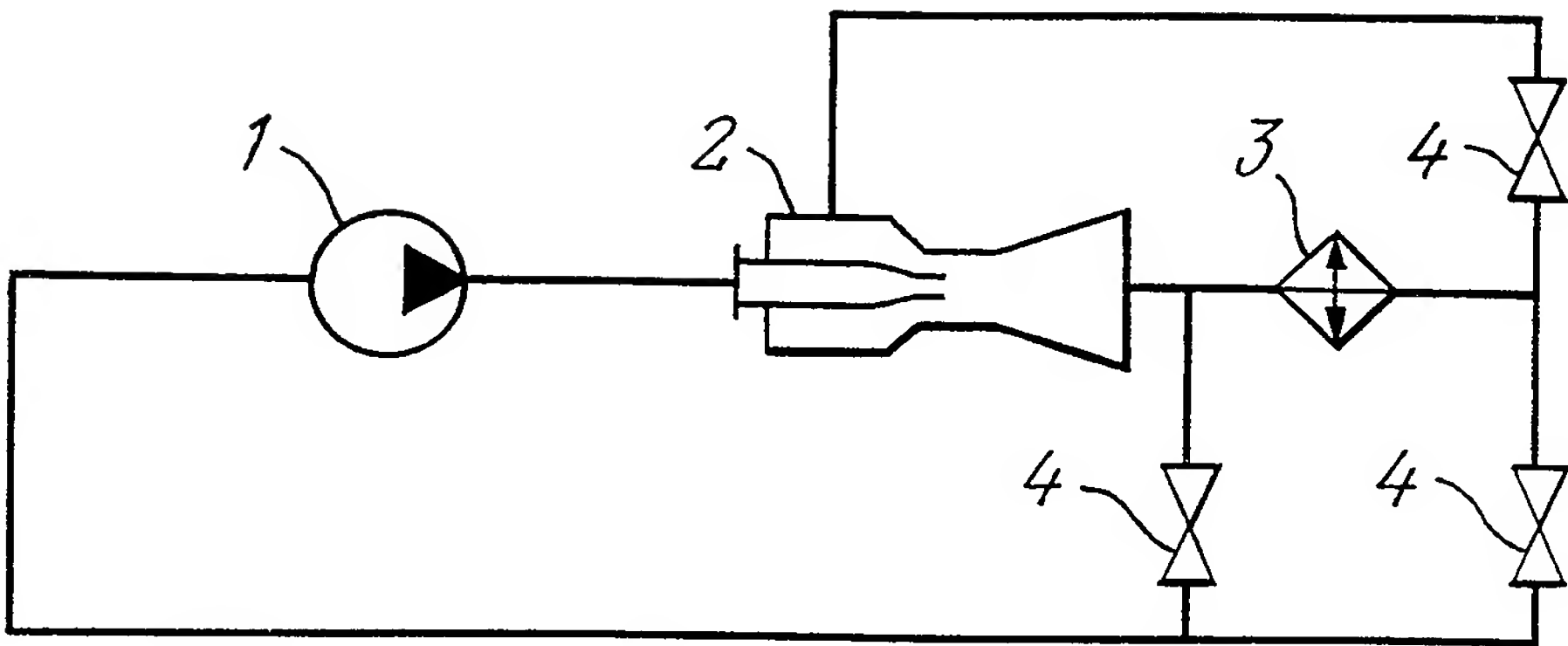


FIG.1

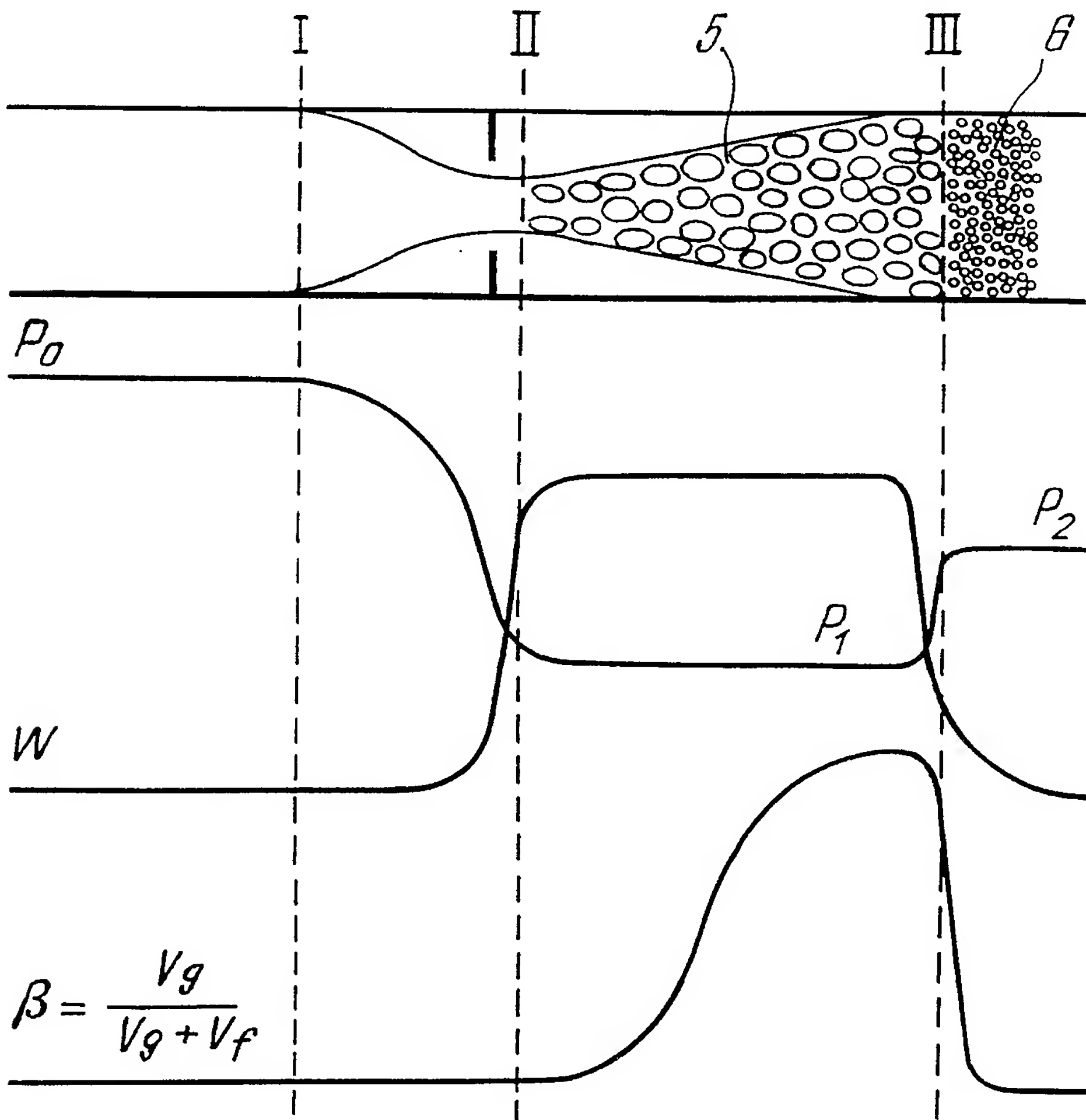


FIG.2

2/5

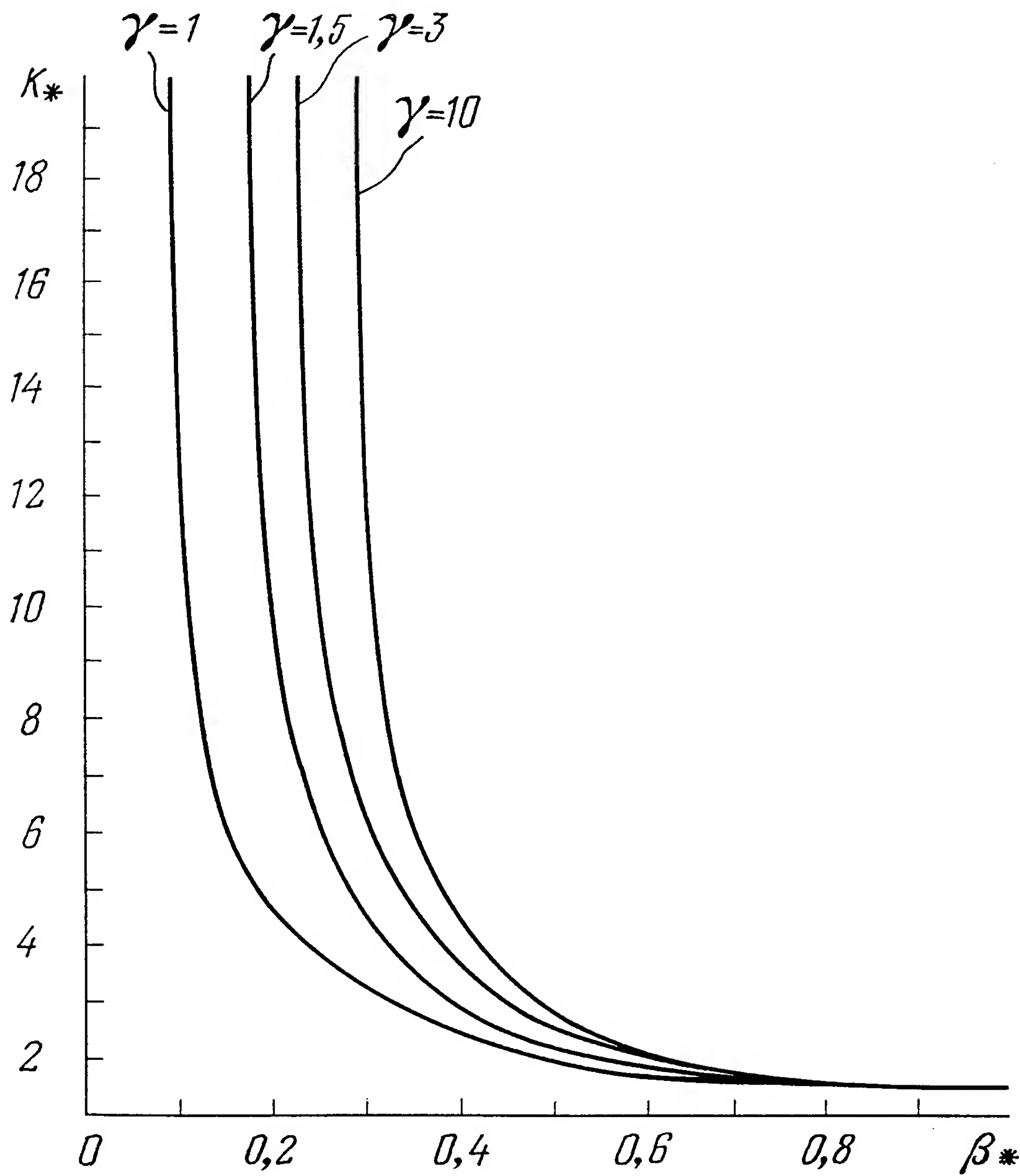


FIG. 3



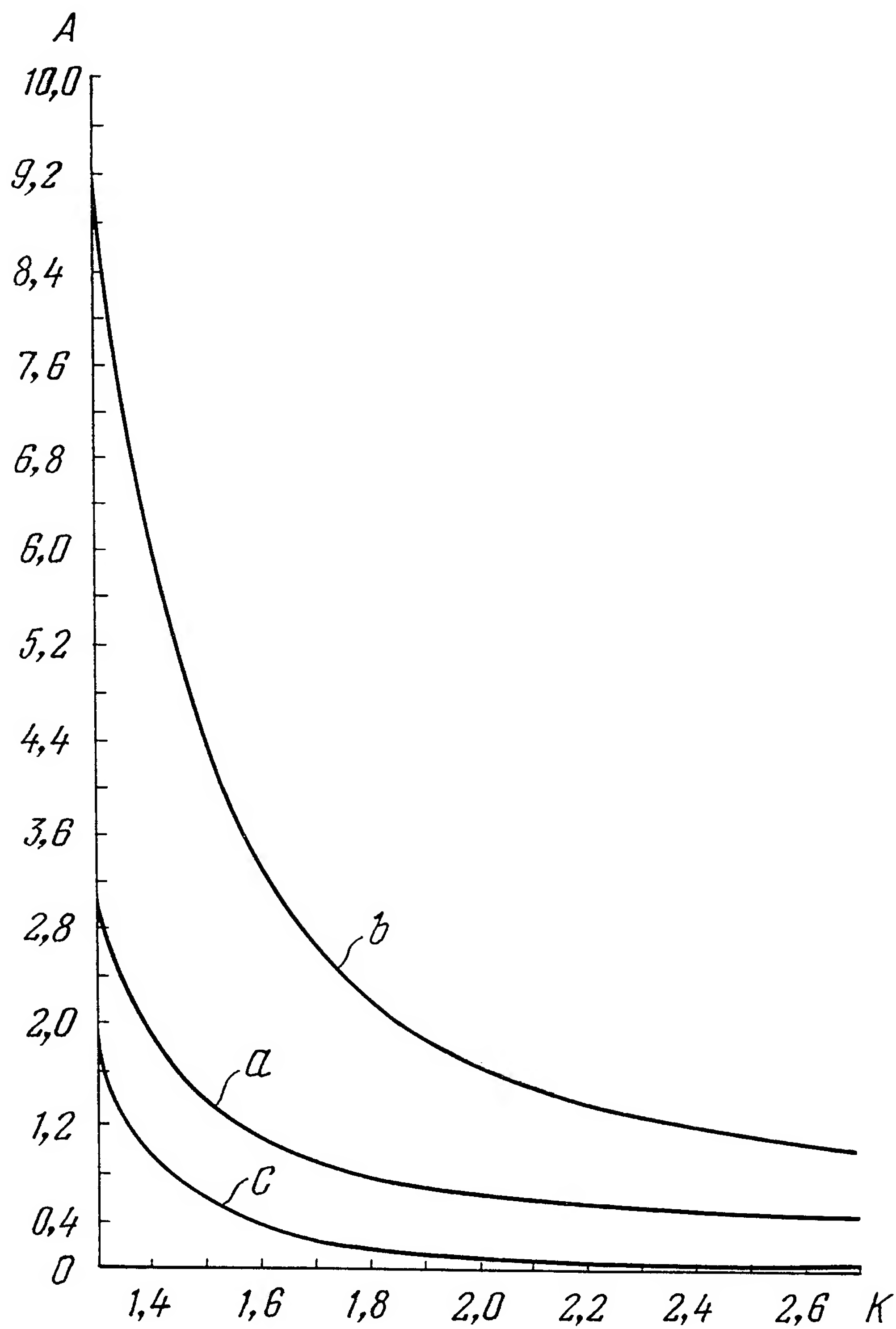
$\frac{3}{5}$ 

FIG.4

4/5

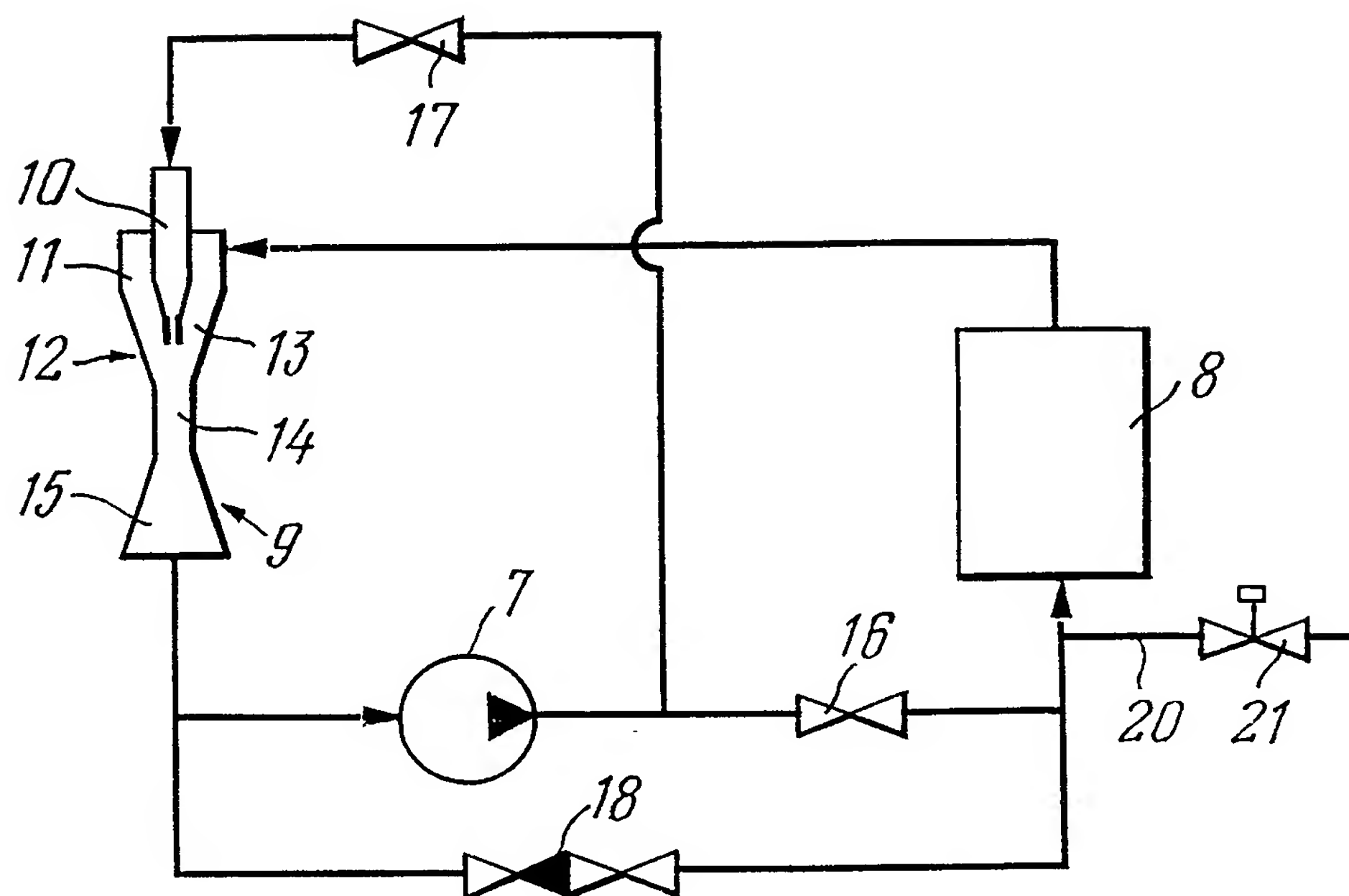


FIG. 5

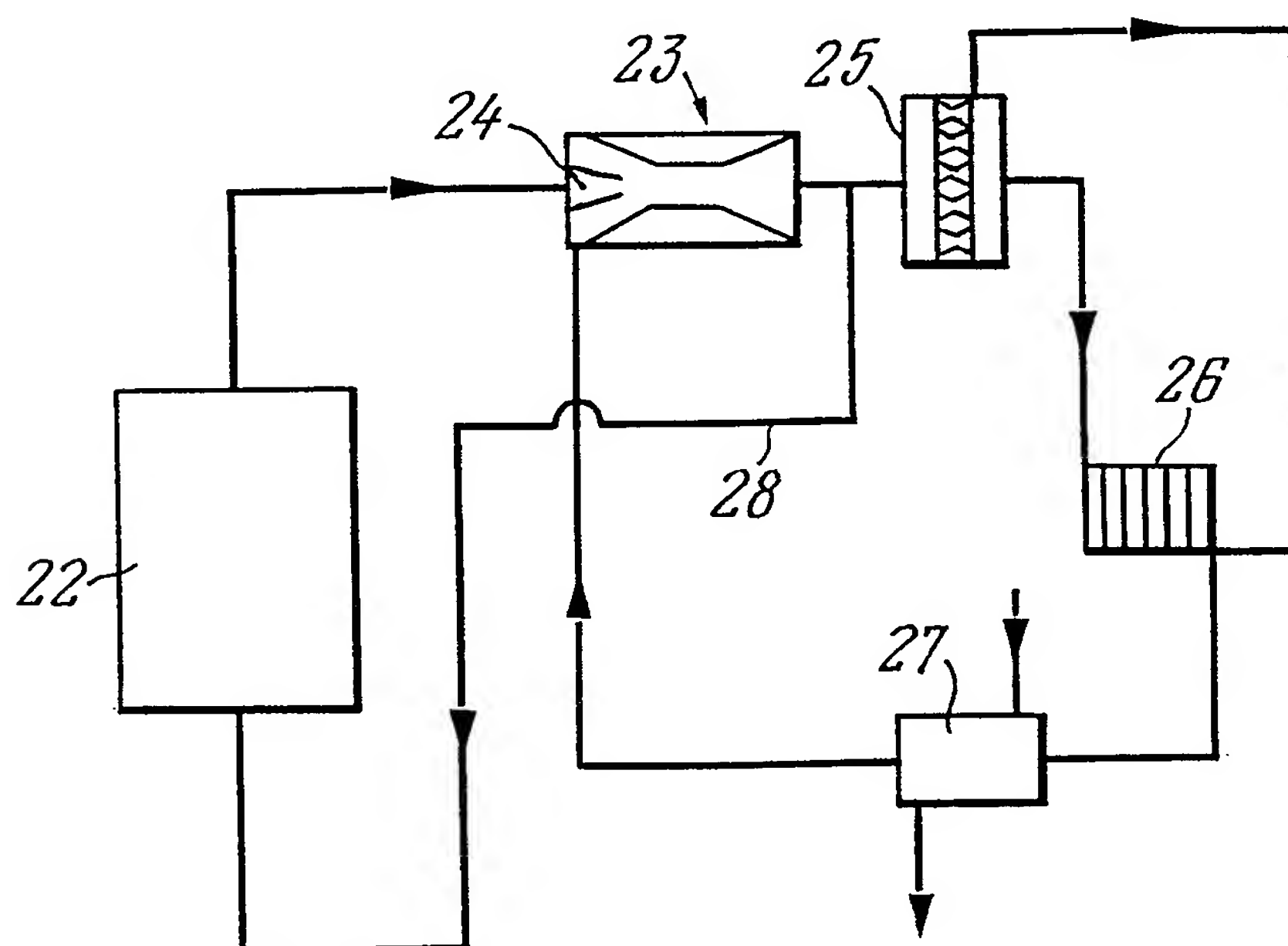


FIG. 7

5/5

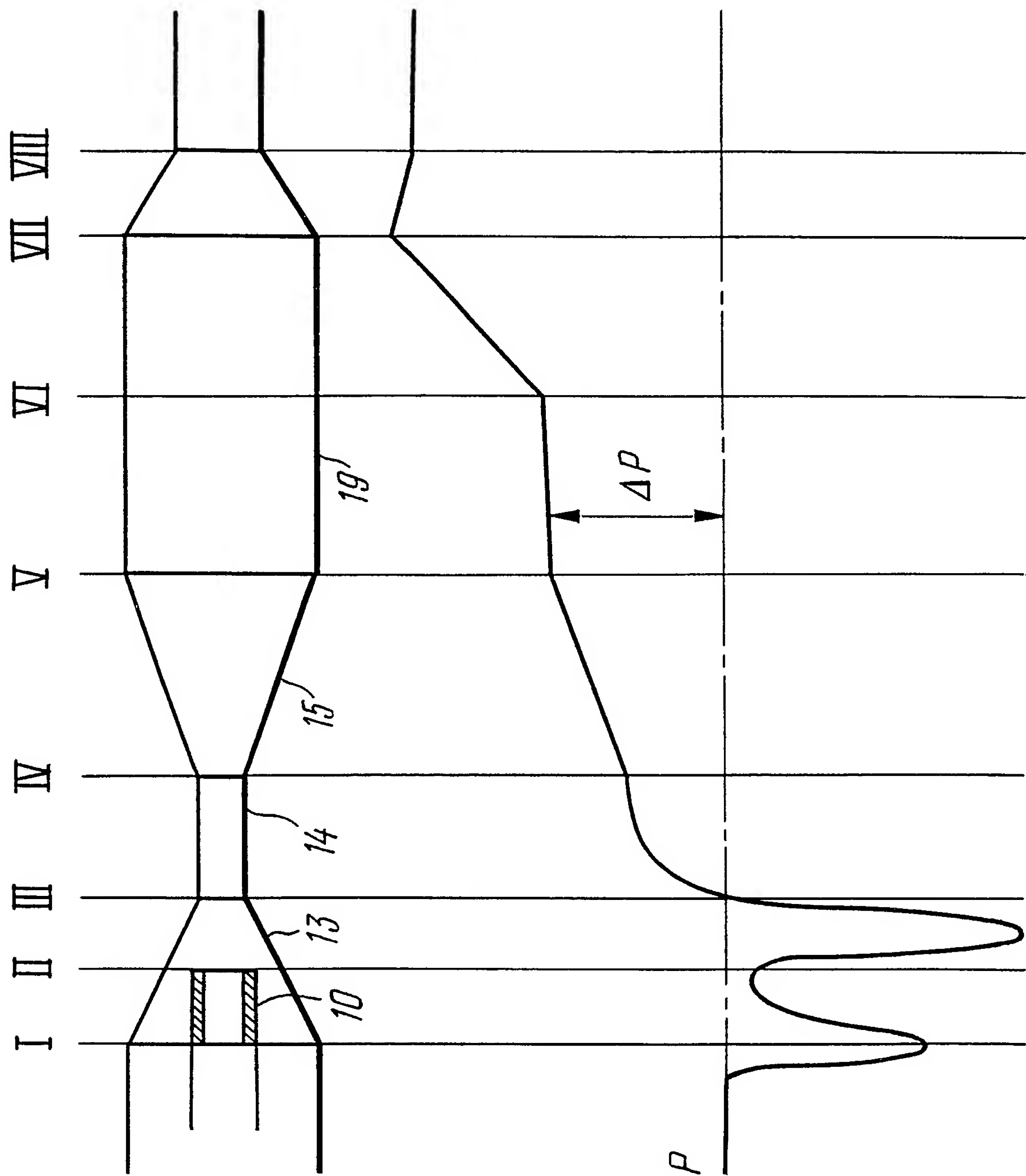


FIG. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/RU 97/00299

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 : F24J 3/00, F04F 5/54, F24D 10/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 : F04F 5/00-5/54, F24D 3/00, 10/00, F24J 3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SU 1290015 A1 (A.A. RABINOVICH) 15 February 1987 (15.02.87)	1-3
A	DE 2330502 A1 (HELMUT BALZ GmbH) 2 January 1975 (02.01.75)	4-11
A,P	RU 95108158 A1 (BUGURUSLANOV V.V. et al.) 10 February 1997 (10.02.97)	4-11
A	SU 1244392 A1 (VSESOJUZNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT GIDROMEKHANIZATSII, SANITARNO-TEKHNICHESKIKH I SPETSIALNYKH STROITELNYKH RABOT) 15 July 1986 (15.07.86)	4-11
A	SU 1186836 A (A.V.BELCHUG) 23 October 1985 (23.10.85)	4-11
A	V.I. Petrov et al., "Kavitatsya v vysokooborotnykh sopastnykh nasosakh", Moscow, "Mashinostroenie", 1982, page 5	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 December 1997 (23.12.97)

Date of mailing of the international search report

13 January 1998 (13.01.98)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 97/00299

## А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

F24J 3/00, F04F 5/54, F24D 10/00

Согласно международной патентной классификации (МПК-6)

## В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-6:

F04F 5/00-5/54, F24D 3/00, 10/00, F24J 3/00

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

## С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	SU 1290015 A1 (А.А.РАБИНОВИЧ) 15.02.87	1-3
A	DE 2330502 A1 (HELMUT BALZ GmbH) 02.01.75	4-11
A,P	RU 95108158 A1 (БУГУРУСЛАНОВ В.В. и др.) 10.02.97	4-11
A	SU 1244392 A1 (ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ, САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ) 15.07.86	4-11
A	SU 1186836 A (А.В.БЕЛЬЧУГ) 23.10.85	4-11
A	В.И.Петров и др., "Кавитация в высокооборотных сопастных насосах", москва, "Машиностроение", 1982, с. 5	1-3

☐ последующие документы указаны в продолжении графы С.

☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

\* Особые категории ссылочных документов:

"А" документ, определяющий общий уровень техники

"Е" более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее

"О" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"Р" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

"Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

"Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень

"У" документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории

"&" документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска

23 декабря 1997 (23.12.97)

Дата отправки настоящего отчета о международном

поиске 13 января 1998 (13.01.98)

Наименование и адрес Международного поискового органа:

Всероссийский научно-исследовательский институт государственной патентной экспертизы,

Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1

Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

С.Ковбаса

Телефон №: (095)240-5888

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)